JAXA's

［ジャクサス］ January 2012
宇宙航空研究開発機構機関誌

No.042

今日の地球を明日へつなげていくために
――JAXAが取り組む地球観測ミッション

新たなタイプの小惑星に挑む「はやぶさ2」

小さな扉を開いて始まる小型衛星の新しい世界

種子島生まれのアーティストが「宇宙で抹茶」に挑む理由

INTRODUCTION

東日本大震災のあった年として長く人々の記憶に残るであろう2011年が幕を閉じ、日本新生を目指す新しい年が始まりました。みなさん、明けましておめでとうございます。本年も日本の「宇宙」をよろしくお願いいたします。

昨年のJAXAは、被害を受けた角田宇宙センターや筑波宇宙センターの復旧に努めながら、軌道上の「だいち」「きずな」「きく8号」などの人工衛星を活用して、災害状況の把握や地上のネットワークの支援に取り組んできました。しかし私たちとこの故郷の星との関係には、解決を迫られている数々の課題があります。

地震や津波などの自然災害は、地球が意地悪をしているわけではなく、地球自体の内的・自然的現象ですが、私たちに及ぼす負の影響を最小限に抑えるためには、地球観測衛星の的確で長期にわたる宇宙からの調査・研究が不可欠です。そこで新年号では、「地球環境問題」と呼ばれる数々のテーマについて、より詳細に把握し、問題点を明確にして解決の糸口を探る日本の取り組みを、JAXA内外の関係者へのインタビューを通じて浮き彫りにする特集を組んでみました。

また2014年度の打ち上げを目指して懸命の努力を続けている「はやぶさ2」プロジェクトは、世界のトップランナーとなったこの分野に、人々の熱い視線を集めています。大規模な期待に応えるべく、その科学的意味、具体的なミッションの中身についてもリーダーたちがこの新年号で語っています。

昨年の11月22日、ソユーズ宇宙船で167日ぶりに帰還した古川聡宇宙飛行士については、速報的な画像を掲載しました。「きぼう」からの小型衛星放出実験ともども、お楽しみください。

さあ、昇る龍のごとく、復興日本の担い手としてたくましく出発しましょう。

技術参与　的川泰宣

No.042
宇宙航空研究開発機構機関誌

CONTENTS

表紙：地球観測研究センターの福田徹センター長（右）と、衛星利用推進センターの五味淳センター長（左）。筑波宇宙センター展示館内の、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」（左）と陸域観測技術衛星「だいち」（右）を背景に撮影。

「しずく」「こうのとり」の打ち上げ、星出宇宙飛行士の長期滞在、そしてISSの今後の運用まで

JAXAの力を結集し豊かな未来を生み出す

理事長 **立川敬二** TACHIKAWA Keiji

――ＪＡＸＡにとって２０１１年はどのような年だったでしょうか。

おかげさまでＨ－ⅡＡおよびＨ－ⅡＢロケットの打ち上げがそれぞれ成功しました。準天頂衛星初号機「みちびき」の技術実証も行われ、測位衛星の有効性を実証することができました。国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）には古川聡宇宙飛行士が長期滞在し、医師ならではの実験を行いました。

こうした中で印象に残ったのは、やはり3月11日の東日本大震災でした。亡くなられた方々には心から哀悼の意を表したいと思います。また、このような大震災が起きたときには宇宙活動がお役に立つのではないかと改めて思いました。

陸域観測技術衛星「だいち」は災害直後の観測画像を約４００シーン撮り、皆様のお役に立つことができました。残念なことに5月に寿命が来てミッションを終了。後継機の早期立ち上げが必要だと思っています。また、大災害発生時には通信が途絶するという事態が起こります。宇宙を使った新しい技術として、皆様が日頃使っている携帯電話が非常時でも使えるような大型アンテナを持つ人工衛星の提案をしているところです。

――２０１２年の主な活動予定をお聞かせください。

２０１２年はＪＡＸＡにとって第２期中期５カ年計画の最終年に当たります。宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機と第一期水循環変動観測衛星「しずく」の打ち上げが達成すべき課題で残っているので、心を引き締めて努力したいと思います。

――「しずく」は水循環を観測する人工衛星ですね。地球環境を観測するＪＡＸＡの人工衛星についてお話しください。

ＪＡＸＡはすでに温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」を打ち上げ、地球温暖化の要因である温室効果ガスの観測を行っています。次がこの「しずく」です。今後地球では水不足が大きな問題になると考えられますので、地球上の水の循環を詳しく知ることは、今後の対応策を考える上で非常に重要だと思っています。さらに「ＧＣＯＭ－Ｃ」という気候変動そのものを調べる人工衛星も考えています。

――ＩＳＳに長期滞在した古川宇宙飛行士の活躍をどのように見ていましたか。

宇宙飛行士としていろいろな科学実験をなしとげたと思います。また、医師として遠隔医療という面でも貴重な実験を行いました。今後ＩＳＳで病気の人が出た場合にどう処置したらよいかという点でもよい知見を得られたのではないかと思います。

――古川宇宙飛行士が滞在中に、宇宙飛行士の延べ宇宙滞在日数で日本がロシアとアメリカに次いで3番目になりました。

今年は星出彰彦宇宙飛行士が長期滞在を行いますし、その次の若田光一宇宙飛行士はＩＳＳの船長になります。日本の宇宙飛行士の抜群の成績のよさが認められのだと思います。

――今後のＩＳＳ計画について、どのように取り組んでいきますか。

ＩＳＳでの実験が始まってから２年がたち、成果が出始めましたが、研究には長期的な視点が必要なわけで、今ＩＳＳを２０２０年までどう利用して成果を挙げるかについてシナリオを作っているところです。また、ＩＳＳ計画は国際協力で進めてきましたから、ここで培った世界との協調の精神を是非いろいろな面でも発揮していきたいとも考えています。

――宇宙基本法ができ、宇宙開発についての国の体制も整備されてきました。ＪＡＸＡは今後どんな役割を果たしていくことになるのでしょう。

私たちとしては国の宇宙政策に則り、宇宙基本計画の実現に貢献するというのが基本です。宇宙政策を強力に推進していただき、私たちはそれを実現していきたい。もちろん私たちの意見やビジョンも提言し、国の宇宙政策検討に少しでも貢献できればと思っています。特に有人宇宙探査をどうするのかを、国としてはある程度はっきりさせたほうがいいのではないかと思っているところです。

特集

今日の地球を明日へつなげていくために

──JAXAが取り組む地球観測ミッション

環境の変化をとらえて将来を予測すること、自然災害を観測し防災につなげること、森林や水資源を守ること──。
地球に生きるあらゆる命を未来につないでいくためには、解決しなければならない課題が数多くあります。
JAXAではこれらの課題に取り組むために、大気・陸・海の変化を探る地球観測衛星を打ち上げてきました。
温室効果ガスの分布、気候の変化、地震や水災害の観測など、地球観測衛星が集めたさまざまなデータは、
CO_2の削減や防災、農業・漁業への利用まで、私たちの暮らしの中で活用されています。
今日の地球を明日へつないでいくために、JAXAが取り組む地球観測ミッションをご紹介します。

出典：JAXA/NASA

――まず、東日本大震災の際の緊急観測についてうかがいます。

福田　3・11では筑波宇宙センターも被災しました。地球観測研究センター（EORC）の計算機やデータは無事でしたが、その後、計画停電があるかもしれないという問題に直面しました。停電の間の自家発電に使う燃料を節約しないといけませんので、データ解析用の計算機を止めるかどうかという判断を迫られました。この時は計算機を止めないという決断をしたのですが間もなく計画停電が中止になり、計算機を止めずに解析を続けることができました。陸域観測技術衛星「だいち」は震災後40日で寿命のため活動を停止しましたが、その40日の間に400シーン以上の画像を撮りました。さらに海外からも5000シーンを超える画像が届きました。これはそれまでの5年間、「だいち」がいろいろな国の災害観測をずっと行ってきたことが返ってきたと思っていますし、センチネル・アジアや国際災害チャータのような仕組みを作り、JAXAが積極的に参加してきたことがうまく働いたということでもあります。

五味　衛星利用推進センター（SAPC）では、災害関連の省庁・自治体対応を実施しています。海外からのデータを含め、EORCで一次的な処理が行われたデータを衛星利用推進センター大手町分室で大判にプリントアウトして、震災前のデータと震災後の1日1日ごとのデータをセットにして防災関連の省庁や自治体に届け、広範囲な被災状況の把握とそれに基づく対策に役立てられました。省庁側で画像解析をする余裕は全くないので、すぐに使えるものを用意する必要がありました。東京は筑波ほどの被害はありませんでしたので、担当者をすぐに呼び集め、最初の1週間はほとんど徹夜状態で作業をしましたが、ある程度のスピードをもって画像を提供できたのではないかと思います。

――海外からも多くの画像がくるなかで、「だいち」の画像の特長は。

五味　「だいち」は世界の高分解能地球観測衛星の中でも飛び抜けて広い70kmという観測幅をもっており、この幅で東北地方を観測しました。今回のような広い範囲の災害に対応できる人工衛星だったということです。

福田　航空機では、国土地理院と民間航空測量会社の協力によって被災地の海岸沿いをほとんどなめるように撮っています。ただし福島上空は原発事故の関係で飛べなかった。「だいち」はそれに比べるとずっと広い範囲を見ていますので、飛行機が撮影できなかった海岸から離れた地域、あるいは沖合の漂流物の様子などを把握すること、被災地の経時的な変化を見ることなどで役に立ったと思っています。災害発生時には航空機などによる観測は天候の状況や危険度の観点で十分に機能しないことが多々あるので、夜間や雨天時にも観測可能で、かつ継続的に広域を観測できる人工衛星が大きな役割を果たします。

――今回の震災でどのような教訓が得られましたか。

五味　これまでも緊急事態の際の訓練は行ってきましたが、今回のような場合には24時間体制での作業が続きます。こうした体制（観測計画立案者、画像解析者、省庁・自治体との調整者など）については今後改善する必要があると思います。

福田　EORCでもALOS研究のメンバーがかかりっきりになってデータを解析しましたが、それでも足りない局面がありました。さまざまな研究機関や大学などと協力体制を組めるようにしておく必要があると感じました。

防災、地図作成、農業・漁業分野 拡大する人工衛星の利用

――今回の震災で、人工衛星観測の重要性を改めて知らされましたね。

福田　緊急観測はもちろん大事ですが、実は被災前の姿がちゃんと分かっていることも重要です。今回は被災前の画像をずいぶんお届けしています。それから、継続的な観測も重要です。津波の被災地にはかなり長い期間、海水がとどまっていました。この水がどうなっていくのかを追っていくのは、やはり人工衛星に適した仕事です。

五味　これまでもJAXAの地球観測画像をいろいろお使いいただいてきたわけですが、震災前はどちらかというと省庁や災害が起こった地域の限定された自治体のみでの使用が多かったのではないかと思います。し

「だいち」搭載の高性能可視近赤外放射計2型（アブニール・ツー）により東日本大震災の被災地を緊急観測。アブニール・ツーは青域から近赤外域の電磁波を4つのバンドで観測することができる光学センサで、人工衛星直下を観測の際には、幅70kmの範囲を地上10mで識別できる能力を持つ

右上／2008年2月12日「だいち」PALSARによるオホーツク海の画像。右下／「だいち」の情報を反映した海氷速報。「だいち」の合成開口レーダPALSARを用いて、2006年からオホーツク海を週に2〜3回、1回に350kmの幅で観測。悪天候や夜間でも観測できるため、「海氷マップ」の情報として役立てられた。船舶の安全に貢献したことで、2011年9月に海上保安庁から表彰

五味 淳
GOMI Jun
衛星利用推進センター センター長
●衛星利用推進センター：
環境問題や地図作成への取り組み支援、
防災システム構築・運用など、
人工衛星の利用と促進に取り組む

福田 徹
FUKUDA Toru
地球観測研究センター センター長
●地球観測センター：
地球観測衛星のデータ処理、検証、
解析研究、データ提供などを行う

かし、震災を機に人工衛星画像が災害時にどこまで使えるのかを国民の皆さんにご理解いただきつつ、人工衛星画像の本格的な利用に向け大きく前進したのではないかと思います。これからは利用分野もどんどん拡大していくでしょうし、質の面でもより高度なものを期待されています。

——具体的にはどのような分野が考えられますか。

五味　防災や地図作成、農業、海氷観測などはすでに走り始めています。「だいち」データはオホーツクの海氷観測にも使われていました。今後は、海氷のみならず広く海洋関係の利用も進めていきたいと思っています。私が今準備を進めているのは各国の領海やEEZ（排他的経済水域）を航行している船舶の監視で、これは国際的な課題になりつつあります。地図の作成も民間の利用が進んでいますし、国内のみならず、JICA（国際協力機構）殿のプロジェクトでアフリカの地図作りが3カ国くらいで進んでいます。世界的にも人工衛星を使った地図作りは活躍の場が広がってくるのではないかと思っています。

福田　地図を作るには、観測した場所が地球上のどこなのか精度よく分からなくてはいけません。この精度に関して、「だいち」のデータは世界最高レベルです。地上の基準点がなくても地図が作れるので、開発途上国などで広く使われるようになっています。「だいち」のデータで2万5000分の1の地図を作ることができますが、大縮尺のニーズも出てきています。これにはより高い精度が必要で、後継機である「ALOS-3」として研究しています。

複数の人工衛星の目で地球の状態を診断

——人工衛星による地球観測には、地球規模の気候変動や環境変化を見て行くという役割もありますね。

福田　最近はアジア諸国との協力が非常に多くなっています。話を聞いてみると、気候変動とそれに伴って発生する問題にどう対処するかが課題になっています。世界の大規模災害の約半分は洪水などの水災害ですが、これは地球温暖化と関係している可能性があります。雨の降り方が変われば災害も起こるし、農業にも被害が出る。温暖化で蚊の生息域が変わってマラリアやデング熱などの広がりが変わるのではないかという心配も出てきています。こういう問題を地球規模で俯瞰的に見ていく人工衛星の役割というのは、非常に重要になってきているというのが実感です。

五味　グローバルに観測するという点では、温室効果ガスを観測している「いぶき」などは典型ですね。「いぶき」データではCO_2濃度分布の経年変化だけでなく季節変動の状況も把握でき、植物による光合成の影響が大きいことも分かっています。「だいち」データで森林監視を行ってアマゾンの違法伐採削減に貢献しましたが、これらのデータを組み合わせて地球温暖化問題に貢献することが可能だと思っています。それから、地球の水循環を観測する「しずく」（GCOM-W1）が今年打ち上げられます。地球が温暖化すると、気温はおおむねすべての場所で上がる方向にあります。しかし水の場合は、場所によって増えたり減ったりするわけですね。これは非常にやっかいです。そこで精密に測っていく必要がありますが、この水の観測に関してJAXAの技術は世界でトップレベルです。「しずく」に搭載するマイクロ波放射計「AMSR2」の、前身である「AMSR-E」を9年以上にわたって運用してきましたし、そろそろ運用期間14年になる熱帯降雨観測衛星「TRMM」の降雨レーダは世界初でした。今でも宇宙から雨を測り続けている世界唯一のレーダです。こういったJAXAの技術で、世界に貢献することができると思っています。

福田　「地球環境変動観測ミッション（GCOM:Global Change Observation Mission）」は2つのシリーズになっていまして、「GCOM-W」と「GCOM-C」があります。「GCOM-C」には光学のセンサが搭載されます。このセンサは非常に広い波長域で、しかも広い観測幅で地球を見つめます。植物の状態や海のクロロフィルの様子も見えますので、農業や漁業、森林管理への応用なども可能です。このセンサはもともと環境観測技術衛星「みどりII」に積んでいたGLIというセンサがベースになっています。残念ながら「みどりII」は早期に運用が停止してしまいましたが、GLIの後継として「GCOM-C」に搭載される多波長光学放射計（SGLI）を作っています。

——「TRMM」の降雨レーダ技術は

2010年　2011年
5月　8月
季節変化
経年変化
370 375 380 385 390 395 400 405
二酸化炭素濃度（ppm）

「いぶき」が観測した2010年5月・8月、2011年5月・8月のCO_2濃度の全球分布。地表を約250km四方で区切り、当該エリアのその月の観測データを平均したもので、暖色となるにつれCO_2濃度が高い。「いぶき」データにより、CO_2濃度の経年変化だけでなく季節変動の状況も把握可能。北半球の夏にあたる8月には、他の月に比べ高緯度地方でCO_2濃度の低い部分が多く見受けられ、植物による光合成の影響が大きいと考えられる　©JAXA/NIES/MOE

第一期気候変動観測衛星「GCOM-C1」（2015年度打ち上げ予定）

全球降水観測計画/二周波降水レーダ「GPM/DPR」（2013年度打ち上げ予定）：熱帯降雨観測衛星/降雨レーダ「TRMM/PR」を引き継ぐ

雲エアロゾル放射ミッション／雲プロファイリングレーダ「EarthCARE/CPR」（2015年度打ち上げ予定）

今後どうなっていくのでしょうか。

福田　二周波降水レーダ（DPR）を開発中で、これをNASAのGPM衛星に搭載することになっています。

——ヨーロッパと共同の「EarthCARE」という計画もありますね。

福田　「EarthCARE」は雲とエアロゾルの研究のための人工衛星です。エアロゾルという微粒子を核にして雲ができるわけですが、地球温暖化の予測をする上で、一番誤差要因になっているのがこのエアロゾルの影響なのです。雲がどうできてくるのかそのメカニズムを調べることになります。そこで降雨レーダで培った日本の技術を生かし、雲を測るレーダをヨーロッパに提供します。雲の粒の動きが3次元的に観測できます。

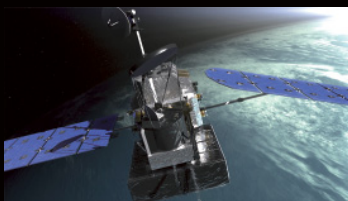
日本の技術力を発揮し よりよい暮らしを もたらすために

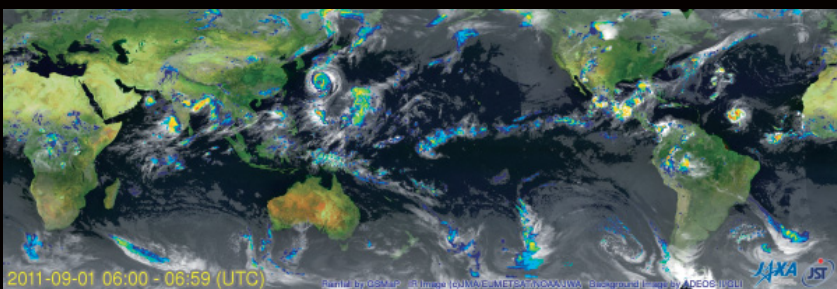
——これからの課題についてお話しください。

五味　課題を3つ上げます。まず、観測の継続性ですね。これは古くて新しい課題です。日本でもなかなか困難ですし、諸外国も苦労していますが、計画的に進めていくべきだと思います。2つ目はデータフュージョンです。1つの人工衛星のみで利用ミッションを完結するのではなくて、複数の人工衛星で複数の利用ミッションを行う時代に移ってきています。また、人工衛星データだけではなく地上のデータも合わせて、利用できるデータを作っていく時代になっていますので、話は複雑になりつつあります。人工衛星プログラムもどういうふうに組んでいけば一番早くゴールに達することができるのか、難しい選択を迫られることもあります。3番目は国際協調ですね。世界の宇宙活動は、協調と競争が同時進行しています。各国共予算状況は厳しいので、国際協力はますます必要になってきますが、その中で日本が優位性を持つ人工衛星なりセンサ技術をどう開発していけるかが鍵になるのではないかと思います。

福田　五味さんのお話と重なりますが、災害や気候変動といったこれまでの地球観測の重点分野に加えて、暮らしに密着した分野に使える情報を出していきたいと思っています。

具体的には、まず農業や漁業などフードセキュリティーの分野が考えられますが、チャレンジングなものとしては感染症や水の汚染など、公衆衛生や健康の分野があります。気候変動の影響が深刻に出る分野でもあるので、そういったところに利用できる情報を出す努力をぜひ続けたいと考えています。そのためにはやはりデータフュージョンが必要ですね。縦割りを廃して、いろいろな人工衛星や手段を使っていく。ただしその中で、〝この人工衛星技術、このデータに関しては日本が1番になる〟そのくらいの意気込みでアプローチしていきたいと思っています。

上／「AMSR-E」がとらえた融解最小時期の北極海氷面積及び平均密接度の推移
右／「AMSR-E」が観測した北極海氷分布（上:1979年　中央:2007年　下:2011年）2011年はシベリア沿岸から海氷が無くなっており、カナダの多島海でも島と島の間に広く水路が開いている様子が分かる。また、2011年夏の氷の密接度は過去最少の状況であることが判明。「しずく」搭載の「AMSR2」がこれらの観測を引き継ぐ

日本とNASAが協力して開発を進める地球観測衛星「GPM/DPR（Global Precipitation Measurement/Dual-frequency Precipitation Radar）」©NASA

JAXAは「AMSR-E」や「TRMM」などの観測データをもとに「世界の雨分布速報」を作成しインターネットで公開。1時間毎に更新され、過去24時間の雨分布のアニメーション画像も配信。アジアの開発途上国をはじめ、台風や豪雨災害が多発するにも関わらず地上で雨の情報が不足している地域に対し、速やかな情報提供を行うことが可能に

陸地、海洋、大気の変化を宇宙から見つめる

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」（2009年1月打ち上げ）

陸域観測技術衛星2号「ALOS-2」（2013年度打上げ予定）：「だいち」のレーダ観測を引き継ぐ

陸域観測技術衛星3号「ALOS-3」（2015年度以降打ち上げ予定）：「だいち」の光学観測を引き継ぐ

第一期水循環変動観測衛星「しずく」（2012年打ち上げ予定）：米国地球観測衛星「Aqua」搭載の改良型高性能マイクロ波放射計「AMSR-E」（2011年10月観測停止）を引き継ぐ

	いぶき	ALOS-2	ALOS-3	しずく
地球温暖化（温室効果ガス）	●			
森林監視		●		
海氷・氷河監視		●	●	●
気象予測・気候変動（海面温度・水蒸気・降水・雪氷・雲・エアロゾル）				●
災害観測（地震・洪水・干ばつ・噴火・森林火災）	●	●	●	
地図作成			●	
食料安全保障（農業・漁業）		●	●	●
公衆衛生		●	●	
海洋宇宙連携		●		●

地図作成から地殻変動監視まで 地球の“今”をとらえるために

国土地理院

現地調査が難しい離島の地図作成に活躍

陸域観測技術衛星「だいち」が撮影したデータの活用先としてポピュラーなものの1つは、国土地理院が行っている地図の作成や修正（メンテナンス）だ。

この作業には、航空機から撮影した写真や実際に現地に行って測量したデータを利用するが、航空機による撮影は費用がかかるし、航空機を飛ばせない場所もある。また、人力による測量についても人が立ち入れない場所もある。地図を作る上でのこうした悩みを解決したのが、「だいち」の観測だ。

国土地理院では「だいち」が700km上空から撮影した画像を、国の基本図である2万5000分の1縮尺の地図作成に利用している。航空写真は1枚の画像でおよそ7km四方しか写すことができないが、「だいち」によって撮影される画像は70×35kmの広さで、一度の撮影で広範囲のデータを取得できる。国土地理院では、「だいち」の観測データを使って硫黄島や竹島など、これまで長い間地図情報の更新が行われていなかった地域の修正を行った。

また、新しい建物や地形の変化を地図に反映させる場合、自治体などが発表する情報を元に変化情報を入手しているが、「だいち」は46日ごとに同じ場所を撮影できるので、画像上で変化を把握することが容易になった。

「現在、地図上の変化を確認する作業は目視で行われていますが、国土地理院ではコンピューターによる比較・抽出技術の研究を行っています」（岡安さん）

発展途上国の暮らしを宇宙から支える

国土地理院はJICA（国際協力機構）と協力し、海外の開発援助の一環として測量や地図作成の支援をしている。支援の方法は大きく2つ。1つは海外からの研修生を受け入れて教育する支援。もう1つは専門家を派遣し、現地を調査・測量した結果から地図を作成する作業や、支援先の国が自分たちで地図を作成、修正できるような技術を教育する支援だ。これまでに、インドネシアやサウジアラビア、パプアニューギニア、フィリピン、バングラデシュなどへ専門家を派遣している。

「国土の正確な地図を作成することは、インフラ整備や治安維持、防災計画、資源管理、農業・工業開発など、国の発展にとってなくてはならないもの。しかし、アフリカ諸国のように広大な国土では、地図を作るための航空写真を撮影するにも時間がかかり、さらに国境付近の撮影は難しいケースも多くあります」（増子さん）

宇宙から撮影された「だいち」のデータを使うことで、こうした問題をクリアできるのだ。

火山噴火や地震のメカニズム解明に有効な「PALSAR」

国土地理院では、「だいち」に搭載されたPALSAR（合成開口レーダ：パルサー）が取得したデータも利用。PALSARによる観測を同じ場所に対して2回以上行い、その差分から地表面の動きを詳細にとらえることのできる干渉SARと呼ばれる技術を使って、火山活動や地震、地盤沈下などの地殻の変動を監視している。

「干渉SARによって、例えば地表のわずかな変動から地下のマグマの動きを明らかにしたり、地震を引き起こした活断層の動きをとらえることができます」（山中さん）

地上に観測設備を設置することが困難な場合、「だいち」のような人工衛星での観測はとても有効な手段だ。

これまでに解析したデータは、国土地理院のサイトで公開されてい

「だいち」観測データ（2006年7月16日撮影）

修正前の地形図（右）と、「だいち」のデータを元に修正された地形図（左）
飛行場、道路、建物などが修正されている　画像提供：国土地理院

「だいち」が見つめた5年間

「だいち」は設計上3年（目標5年）の寿命を超え、5年3カ月間で全世界650万シーンを撮影しました。年間約100件の大規模災害を観測し国内外へ提供。被害状況の把握、復興などに利用されました。また、森林伐採監視など環境分野にも貢献しました。

2006年
1月24日／種子島宇宙センターより打ち上げ
2月14日／初画像として富士山の画像を取得
2月17日／フィリピンレイテ島豪雨の地滑り崩落箇所をとらえJAXAとして初めて国際災害チャータに提供

2007年
9月3日／ブラジル環境及び再生可能天然資源院（IBAMA）と協力締結。大陸規模での森林マップの作成開始

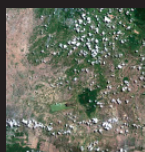
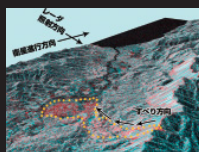
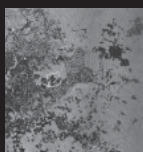
2008年
6月14日／岩手・宮城内陸地震の観測
7月25日／中国四川省で発生した地震の観測データ提供に対し中国政府機関より感謝状
11月／「だいち」画像の森林伐採防止への貢献が評価されブラジルIBAMAより感謝状
12月2日／ユネスコと世界遺産監視に関する協力取り決めの締結
「だいち」で宇宙から世界遺産を監視するプロジェクトがスタート

2009年
6月12日／千島列島のマツア島サリュチェフ火山の噴火観測

レイテ島被災地の鳥瞰図

アマゾンの森林伐採の観測

アンコールワット

る。(http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/)

　解析結果は日本だけでなく海外で発生した地震のデータも含まれ、また、5月に「だいち」が運用を停止する直前まで取得していた東日本大震災の解析結果も見ることができる。こうしたデータは、火山噴火や地震のメカニズム解明に役立っている。

　JAXAでは現在、「だいち」のPALSARを高性能化させたLバンド合成開口レーダを搭載し、昼夜・天候の影響を受けずに観測を行うことができる「ALOS－2」を開発中。また、高性能の光学センサを搭載した「ALOS－3」も計画している。将来にわたり宇宙から地球の変動を的確にとらえていくために、後継機の活躍が待ち望まれている。

増子宏
Mashiko Hiroshi
国土地理院
企画部国際課　課長補佐

山中雅之
YAMANAKA Masayuki
国土地理院
測地部宇宙測地課
地球変動観測係長

岡安里津
OKAYASU Ritsu
国土地理院
基本図情報部基盤地図課
技官

日々の観測と災害時の観測を組み合わせ国土を守る

国土技術政策総合研究所

東日本大震災では山間部から沿岸部まで広域エリアの崩壊を調査

　国土技術政策総合研究所（以下、国総研）の危機管理技術研究センター砂防研究室では、2008年2月からJAXAと共同研究を開始し、「だいち」によって観測されたデータを利用している。その利用方法は、平時の長期的な土砂移動の監視観測と、災害が発生した直後の緊急観測の2通りだ。

　平時の観測では、定期的に同じ場所の観測データを集めて崩壊発生前の地盤の微少な動きを見つけることで、土砂災害の発生を未然に防ぐことができる。広域な災害が発生した直後の観測では、河道閉塞―崖崩れなどで川がせき止められて水が溜まる、いわゆる天然ダム―などの大規模な崩壊を見つけて、二次災害の防止に繋げる。例えば、台風などで発生する河道閉塞を災害発生後に素早く発見できれば、決壊による被害が出る前に、下流地域の自治体が避難勧告を出したり、国が二次災害防止の対策を行うことができる。

福島県白河市葉ノ木平地区の地すべり災害の様子。上／「だいち」が3月12日に観測した画像。下／「だいち」が震災前の2007年12月2日に観測した画像

　3月11日に発生した東日本大震災の際には、14日までに「だいち」によって山間部を含む強震度地域の全域撮影が行われた。

　「津波被害が大きかった沿岸部に対する観測は、海外の人工衛星の協力も合わせてさまざまな形で行われましたが、山間部も含む広域な強震度地域をすべて撮影したのは『だいち』だけであったため、非常に貴重なデータとなりました。幸いなことに天然ダムが生じるような大規模崩壊は発生しなかったことが確認できました」（水野さん）

どこで、どんな災害が発生しているかをより早く把握するために

　「だいち」による観測が終了した今、観測は、大規模な災害が発生した場合に利用できる国際災害チャータやセンチネルアジア（参加宇宙機関の運用する地球観測衛星のデータを国際協力として提供する仕組み）などに依存している。国総研としては、「だいち」のミッションを引き継ぐ後継機「ALOS－2」「ALOS－3」の早期運用開始に期待を寄せている。

　東日本大震災のような広域の災害では、航空機でも山間部全域を隙間なく確認することは難しい。また台風など風水害による災害の場合、夜間や悪天候の中では航空機を飛ばすことは困難だ。火山噴火の場合も同様で、噴火による噴煙や噴石などで航空機が火口の周囲へ接近できない。しかし後継機である「ALOS－2」に搭載されるLバンド合成開口レーダ（PALSAR－2）は、雲の影響を受けにくいため、このような状況下でも観測が可能だ。さらに「ALOS－3」は、50㎞以上の広い観測幅を持ち、広域なエリアも少ないパスで迅速に撮影。最高分解能0.8mの光学センサを搭載するため、斜面崩壊で崩落した岩の塊まで判別が可能になることから、より早く正確に、土砂災害を調査できる。

　「災害時には一刻も早く、どこで、何が起こっているのかを知る必要があります。後継機が打ち上がり運用が始まれば、国内外の災害監視、防止活動に大きく貢献することになるでしょう」（水野さん）

水野正樹
MIZUNO Masaki
国土技術政策総合研究所　危機管理技術研究センター
砂防研究室　主任研究官

2010年

1月13日／ハイチ地震の観測

9月13日／どのような植生で覆われているかなど、土地利用の変化を示す「土地被覆分類図」を公開
都市計画などにも利用

10月18日／「だいち」を利用した湿地の調査に関する協力協定をラムサール条約事務局と締結

10月21日／全球の森林分布図を公開
違法な森林伐採の抑制と森林保護に貢献

全球森林マップ：緑が森林、黄色が非森林

2011年

1月27日／霧島山（新燃岳）噴火の観測。火山活動の把握災害状況把握に役立てられた

3月11日／東日本大震災の観測で被災地を約400シーン撮影
画像を政府や災害関係機関に提供し、復旧や復興に役立てられる

右：震災前　左：震災後
沿岸部が冠水している様子が分かる

「だいち」が培った技術は後継機へ引き継がれます。

レーダセンサを発展
「ALOS-2」

光学センサを発展
「ALOS-3」

2011年11月22日、モスクワ時間午前6時26分。朝焼けで白み始めたカザフスタンの雪原に、約5カ月半を宇宙で過ごした古川聡宇宙飛行士らを乗せたソユーズ宇宙船の帰還モジュールが着陸した。

往路に2日を要した国際宇宙ステーションへの旅の復路は、離脱から地上まで約3時間半。新幹線で東京駅～新青森駅を移動する時間と変わらない。

国際宇宙ステーションの離脱から着地まで、ざっとこんな段取りだ。

▼離脱後に減速して大気圏に再突入を開始。軌道モジュールと機器/推進モジュールを分離する。

▼大気圏に再突入時は高度約100kmで秒速約8km。帰還モジュールは数千度の熱にさらされるが、表面に貼られた特殊なプラスチックが溶けて蒸発しながら熱をさえぎり、宇宙飛行士を守る。

▼この時にかかる加速度は約4～5G、つまり宇宙飛行士は体重の4～5倍の重さに耐えなければならない。

▼高度約10kmで誘導パラシュートを2個放ち、減速用パラシュートを展開。これにより下降速度は秒速230mから秒速80mに落ちる。

▼着陸15分前にメインパラシュート開傘、さらに秒速7.3mにまで減速。

▼着陸1秒前にモジュール底面の小型ロケット（衝撃緩和ロケット）を噴射し、秒速1.5m以下で安全にタッチダウン。

当日の現地は氷点下20度近い厳しい寒さ。着地点を素早く特定し宇宙飛行士を安全に回収するために、10機以上のヘリコプターや航空機、水陸両用車、オフロード車が待ち受けた。帰還モジュールが横倒しになっているのはパラシュートが風にあおられたためで、宇宙飛行士に影響はなかった。早暁の雪原に運び出された古川宇宙飛行士は、いつもの満面の笑みでこう答えた。

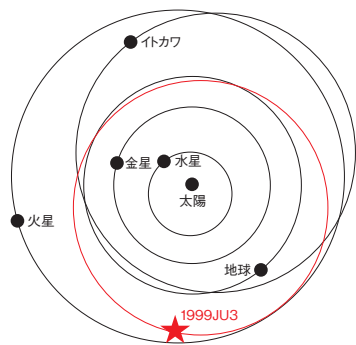
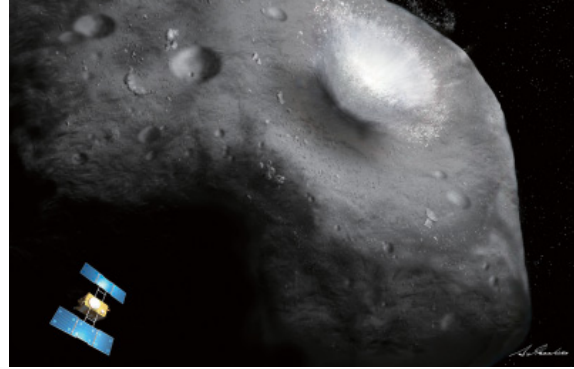
「重力を本当に感じる。冷たくて新鮮な空気は素晴らしい」

原に帰還

早暁の雪

新たなタイプの小惑星に挑む「はやぶさ2」

小惑星探査機「はやぶさ2」のプロジェクトチームは、2014年の打ち上げに向け、搭載機器やシステムの開発研究を進めている。目標天体1999JU3は、イトカワと似たような軌道をとる大きさ約900m程度の小惑星だ。「はやぶさ」で得た"成果"を次の探査にどう生かすのか。プロジェクトマネージャーの吉川真准教授に聞いた。（取材・文／喜多充成）

探査機本体から「衝突装置」を分離して、人工的なクレーターを作る（下）。探査機は小惑星の背後に回りこみ破片を回避（上）。クレーターの形成の様子を調べて小惑星の物理特性を調べたり、クレーター内部の物質の採取を試みる ©池下章裕

打ち上げが可能な時期（ウインドウ）は、2014年の7月と12月で、どちらも2015年12月に地球スイングバイを行うので、到達時期は変わらない。探査機運用を考えればなるべく早く打ち上げたいところだ

起こったすべての故障を想定シナリオに含める

――「はやぶさ2」にも、ハラハラドキドキの旅を期待する声が、一部にはあるようです。

吉川 さすがにそれは困ります（苦笑）。幸運に頼らなくともミッションを成功させなければならないと思っています。

――そのためにどんな準備を？

吉川 基本方針として、「はやぶさ」やその後の人工衛星・探査機で起こった故障や不具合は、徹底して原因を究明して対策を講じます。その上で、再び同様の不具合が起こることも運用の想定に含めます。例えば「はやぶさ」では、姿勢制御のためのリアクションホイール（RW）が3基中2基、故障してしまいました。原因究明を経て対策を施していますから、同様の故障は起こらないものと期待しています。しかし、RWの機能喪失となる事態も想定シナリオから除外していません。

――「はやぶさ」の遺産を生かせるわけですね。

吉川 「はやぶさ」で特に大変だったのは、イトカワ滞在時にとにかく忙しすぎたことです。わずか2カ月半しか滞在できず、その間に科学観測とサンプル採取を試みようというのですから、運用の負担も大きかった。「はやぶさ2」では目的地の1999JU3に約1年半滞在し、じっくりと観測し、慎重にサンプルの採取を行うことにしました。

――査証不要の短期出張から、赴任して腰を据えて仕事する体制に……。

吉川 そうなんです。1999JU3は、S型のイトカワとは異なるC型に分類される小惑星で、これまでの地上観測から、大きさが約900m、自転周期は7.6時間、表面の反射率が0.06程度であることが分かっています。

――かなりのことが分かるんですね。

現地滞在1年半じっくり観測できる

吉川 ただ、行ってみなければ分からないことも残っている。1つは地形です。ゴツゴツした岩場なのか砂地なのか、岩盤なのか。これは降りられる場所を探す上で、非常に重要ですね。また、質量もそばに行かないと分かりません。予想より質量が大きければ、重力も大きくなるので、近傍での運用により多くの燃料を消費することになります。

さらに「自転軸の傾き」も気になります。

――地球の場合は地軸が23・4度、公転面から傾いています。

吉川 その程度であれば問題ないのですが、もし自転軸がもっと寝ているとやっかいなんです。着陸のために、詳細な3D地図を作成する必要がありますが、「すぐには見えない場所」が出てきてしまう。

――日の沈まない「白夜」の逆の、「極夜」の範囲が大きくなってしまうわけですね。ずっと日が当たらないので。

吉川 そうなんです。1年半かけて観測すれば季節も変わるので、最終的には小惑星の全体の観測は可能ですが、スケジュールによっては小惑星全体が見える前にタッチダウンを行うこともあり得ます。

人類の活動領域を広げる新たなミッションにも挑戦

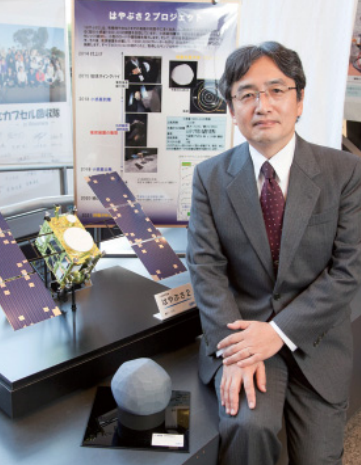
――チームのメンバー構成は？

吉川 「はやぶさ」を経験した若手が中堅に、中堅がベテランとなり、さらに新しいメンバーも加わってきています。経験値がよい形で継承されていると思っています。

――うまくミックスされているんですね。では理学と工学、つまり科学目的と技術開発をどうバランスさせているのでしょうか？

吉川 小惑星から太陽系の起源に迫る理学（科学）ミッションの部分と、宇宙技術をさらに発展させる工学ミッションが大きな柱ですが、さらに言えば「探査」という3つめのテーマも加えてミッションを見ていただくといいかもしれません。理学と工学と探査を、それぞれ3分の1ずつの比率で考えています。

――「探査」とは？

吉川 将来を見通し、人類の活動領域を広げるための情報収集や技術開発という言い方ができると思います。もし将来、有人小惑星探査が行われるとすれば、小惑星表面

吉川 真
YOSHIKAWA Makoto
宇宙科学研究所
宇宙情報・エネルギー工学研究系 准教授
「はやぶさ2」プロジェクトマネージャー

の環境や状態についてのもっと詳しい情報が必要となることでしょう。また惑星間を宇宙船が頻繁に行き来するような時代が来るならば、地球から目的地へ直行するよりは、ラグランジュ点(※)に設けられた「深宇宙港」で宇宙船を乗り換えるのが当たり前になるかもしれません。

――遠い未来の話に思えますが、誰かが準備をしないといけない。

吉川　地球に帰ってきた「はやぶさ2」に余力が残っていれば、再突入カプセルを分離した後に地球スイングバイを行い、深宇宙港の候補地となるラグランジュ点(この場合には太陽－地球系のL2点)に向かうことも実現できればよいと思っています。未来に向けた小さな一歩ではありますが。

※ラグランジュ点／太陽－地球系のL2は、地球から太陽と反対方向に約150万km離れた場所となる。

将来の宇宙技術に向けた布石も着々と

――「工学」の部分では?

吉川　外観上の最大の違いは、平面タイプのハイゲインアンテナを2基搭載する点です。

――2基がそれぞれ異なる周波数を使う?

吉川　そうです。従来の深宇宙探査で使われてきたXバンド(周波数帯の呼び名)に加え、通信速度4倍のKaバンド(より高い周波数帯)の通信にも挑戦したいと考えています。

――これは将来への布石ですね。

吉川　「はやぶさ」で小惑星表面に到達できなかったミネルバも、ミネルバ2としてさらに意欲的なミッションに取り組みます。イオンエンジンについても推力を少し増強させ、より安定的に動作するように工夫します。この点が運用の負担を減らせるかどうかの鍵になりますので。

――爆薬の力で衝突体を発射し、小惑星表面に人工クレーターを作る「衝突装置」は世界初の挑戦ですよね?

吉川　そうなんです。出発前にできる限りの実験を重ね、より確実に成功させたいと思っています。爆破時の破片を避けるため、小惑星の影にいったん隠れ、再びクレーター上空に戻ってくるという複雑なナビゲーションが必要になります。

――このあたりは「はやぶさ」の遺産であり、日本のお家芸とも言えますね。

吉川　過信はしていません。また「クレーターができる瞬間をどうしても見たい」という声もあります。イカロスのセイルを撮った小型分離カメラ「DCAM」を使えないかという検討も続けています。

先頭を走るからこそ国際協力も可能に

――国際的な協力のスキームは?

吉川　探査機の追跡にNASAのDSN(深宇宙通信のためのアンテナ群)、着陸地としてオーストラリアに協力してもらうスキームは「はやぶさ」と同様の形ですが、さらにドイツの小型ランダーの搭載も検討しています。

――小惑星行きのお客さんですね。無料チケット?

吉川　代わりにドイツの無重力実験施設を利用させてもらっています。日本にその種の施設がなくなってしまったので。また、探査機からのデータ受信にも協力してもらう予定です。小惑星探査で先頭を走っているからこそ、お互いにメリットのある協力関係が可能になっているんだと思います。

――そもそも「はやぶさ2」の検討は、いつごろから?

吉川　「はやぶさ」が帰路にある2006年に最初の提案がなされました。「はやぶさ」が深刻なトラブルを抱え地球帰還に全力を注いでいましたが、予定通りのミッションができなかったことも事実でしたから、ぜひ再挑戦をしたかったのです。

――今やらなければ、「はやぶさ」の技術の蓄積が劣化してしまう、という思いも?

吉川　はい、あります。軌道の関係から、今年12年は打ち上げ前の最後となる地上観測の好機です。目標天体についてより多くのことが分かってくるものと期待しています。幅広い分野の皆さんからの応援をいただきたいと思います。

サンプルリターンで世界トップを走り続けるために

安部正真
ABE Masanao
宇宙科学研究所
固体惑星科学研究系 准教授
「はやぶさ2」
プロジェクトサイエンティスト

イトカワのようなS型にくらべ太陽からの距離が少し遠いC型の小惑星では、有機物や水などが存在し、他にもより古い物質が揮発しないで残っている。それを分析すれば、これまでさかのぼれなかった過去の情報を紐解くこともできるのではないか――。

もちろん地上観測や隕石研究からの推論でしかありませんが、行って見れば大きな進展がもたらされることを、私たちは「はやぶさ」で経験しています。

「イトカワ」のサンプルを分析してみて、「やっぱり隕石とは違う」と実感しているのは、粒子の表面にさらに細かな微粒子が、ちょうどお餅にまぶした「きな粉」か何かのように付いていることです。こんなものは見たことがありませんでした。何でできていて、どんな力で付着し、どこで生まれたものなのか。そういうものにこそ、小惑星の表面で何が起きていて、物質や天体はどう進化してきたのかの情報が詰まっているのではないか、と今まさに私たちは考えているところです。

できるなら小惑星を破壊し「中身まで全部バラバラにして見てみたい」という希望があります。でもさすがにムリですので、まず最初のステップとして「はやぶさ2」では、小惑星の表面にクレーターを作ることに挑戦します。「はやぶさ」のコピーだけでは進歩がない。何をやるとより魅力のあるミッションにできるかを検討し、このプランが生まれました。

さらにこの試みには「太陽系初期の衝突合体を再現する」という期待もかかります。太陽系のごく初期に、ガスが塵になり、塵が集まってできた直径1～10km程度の緩やかな結合体である「微惑星」がどう生まれたのか。それがその後、どうやって小惑星なり惑星なりに成長していったか。今は想像でしか語れませんが、このプロセスの理解につながるヒントが得られるかもしれません。

さらに、目標物体に物をぶつける技術は、もっと別の部分で役に立つことでしょう。これは吉川先生の専門分野ですが、地球衝突の可能性がある小天体の軌道を変えるのに役立つ技術です。ただ今回の衝突の規模は、計算してみたところ、軌道を変えるほどのエネルギーではなかったようです。

「はやぶさ」が撮れなかった、センチメートルオーダーの表面のクローズアップ写真にも期待していますし、サンプルの受け入れや分析技術に関しても「はやぶさ」での経験が役に立っています。これまでの10年を振り返ってみると分析技術でかなり大きな進歩がありました。「はやぶさ2」ではもちろん1mm以上の試料を採ってくるつもりですが、今後10年の進歩が楽しみです。

いずれにせよ、サンプルリターンに関して日本は世界のトップを走っています。どんどん成果をアピールし、世界中の科学者と一緒に議論し研究を進め、これをお家芸にしていくために何が必要で、トップを走り続けるために何をすればよいのかを考え、着々と手を打っています。ご期待をいただければと思います。(談)

国際宇宙ステーション（ISS）の先端に位置する「きぼう」日本実験棟の3つのモジュールを説明する時、「リビング、物置、バルコニー」に例えると理解が早い（それぞれ正式名称は「きぼう」日本実験棟・船内実験室、船内保管庫、船外実験プラットフォーム）。

バルコニーに面したリビングの壁には2つの大きな窓があり、その下に荷物を出し入れする小さな扉が設けられている。船内の気密を保ったまま実験機器や試料を宇宙空間に持ち出すための「エアロック」である。野口聡一宇宙飛行士の長期滞在中の2010年3月に稼働開始した「エアロック」は、日本のロボットアームの先端に付ける「子アーム」を船外に持ち出す際にも利用された。「エアロック」はリビングにいながら、バルコニーをより機能的に使うための欠かせない設備という位置づけだ。

「それを使えば、もっと何か新しいことができるんじゃないかというのがアイデアの発端です」（松村祐介・有人宇宙環境利用ミッション本部　JEM運用技術セ

川崎一義
KAWASAKI Kazuyoshi
有人宇宙環境利用
ミッション本部
宇宙環境利用センター
計画サブマネージャ

小さな扉を開いて始まる小型衛星の新しい世界

「キューブサット」とは大学生たちの手作りで始まった10cm角の小型衛星の総称だ。
今世紀に入ってから日本でも取り組みが本格化し、すでにJAXAでも学生時代にキューブサットを体験した第1世代が、現実のミッションでその経験を活かし始めている。
宇宙への挑戦の敷居を引き下げたキューブサットをさらに手の届きやすいものにするための、新たな試みを紹介する。

FITSAT-1

サイズ：1U
主なミッション：5.8GHz 帯高速通信、LED による可視光通信実験

田中教授（前列右から2人目）と製作チームの皆さん

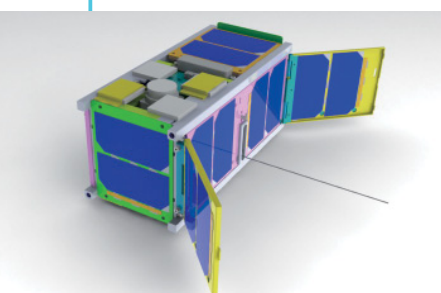
H－ⅡAロケットによるピギーバック打ち上げ「あいのり衛星」の枠に応募しようと構想を温めていましたが、タイミングよく今回の公募があり、大変幸運なことに採択されました。

小さい衛星ならではの挑戦的なミッションが、高速通信です。5.8GHz帯という高い周波数を使い、衛星（の磁北を向く面）に取り付けた平面型のパッチアンテナで送受信をします。うまくいけばVGA(640×480ピクセル)の画像1枚を5～6秒で送信と、従来のキューブサットの約100倍の速度が出せる計算です。

また、パッチアンテナの周囲に取り付けたLEDを点滅させることで、この衛星を「本当に光る人工の星」にしたいと思っています。双眼鏡で誰もが光通信の実験に参加できるわけです。私はもともとロボットのAI（人工知能）を研究をしており、決して宇宙分野に明るいわけではありませんでした。ですが鉄腕アトムもHAL9000（映画『2001年宇宙の旅』に出てくる人工知能）も宇宙が活躍の舞台でしたよね。ロボットと宇宙は非常に親和性が高いのです。5月の衛星引き渡しに向け学生たちも必死で取り組んでおり教育効果は抜群です。でも「先生が一番嬉しそうだ」と言われています。その姿を見せるのも教育ですかね（笑）

福岡工業大学
情報工学科・教授
田中卓史氏

RAIKO

サイズ：2U
主なミッション：膜展開による軌道降下、魚眼カメラによる地球撮像、Ku 帯通信実験

© 和歌山大学／東北大学／東京大学

キューブサットをとりまく環境は急速に、しかも好ましい方向に変化してきました。2003年、ロシアのロケットを使った東大・東工大のキューブサット打ち上げでパラダイムシフトが起こりました。国内でも打ち上げ機会が整備されたことでミッションのユニークさやアイデアの斬新さを競い合う時代がもたらされました。そしていよいよ、これが実践的な教育ツールになろうとしています。工学教育の新手法として世界に普及したロボコンと同じような可能性をキューブサットにも感じます。普通の学生が身近に宇宙環境を考えるチャンスが広がることは、確実にその層を厚くすることにつながります。

また一方で、宇宙輸送の手段を持ち、ISSに実験室を持ち、宇宙飛行士も送り込んでいる日本は、宇宙開発に意欲を持つ国々の憧れの的です。こうした打ち上げ機会は、きっと外交ツールとしても使えるはずです。

われわれの衛星「RAIKO」は東北大学との協力で製作しています。今後の宇宙教育に及ぼす影響と責任の重大さを感じつつ、学生さんたちの仕事ぶりを頼もしく思いながら見守っています。

吉田和哉東北大学教授（前列右端）と同大学の製作チームの皆さん

和歌山大学
宇宙教育研究所所長・特任教授
秋山演亮氏

松村祐介
MATUMURA Yusuke
有人宇宙環境利用
ミッション本部
JEM運用技術センター
技術領域リーダー

ンター　技術領域リーダー）

その「新しいこと」とは、世界初となるロボットアームによるISSからの衛星放出。キューブサット規格（1辺10㎝の立方体が最小単位＝1U）の小型衛星を、バネ仕掛けで打ち出すことで、周回軌道に送り込むというミッションだ。

軌道投入の直前に、人間がチェックすることができる

これまでの小型衛星は、大型ロケットの打ち上げ余力を使うピギーバック方式で地球周回軌道に投入されてきた。その場合、当然ながら主ペイロードに万が一にも悪影響を与えないよう、振動条件や分離機構の信頼性などで厳しい制約が課されることになる。だが、今回の「射出方式」ならば、そうした制約が緩和される。

「衛星をプチプチなど緩衝材でくるんで専用のバッグに収め、『こうのとり』でISSまで輸送しますから、振動環境は大幅に緩和されます。飛行機で射場まで運べる程度に丈夫なら、もうそのまま宇宙まで行けてしまうことでしょう」（松村）

さらに、それに勝るメリットが〝軌道投入の直前に、リビングで人間がチェックすることができる〟点だ。

「宇宙飛行士の手でバッグから取り出され、梱包を外して射出機構にセットすることになります。シャープエッジや、割れて飛散する可能性のあるガラスを避けるなど、対人安全の面で対策が必要となりますが、直前に電源スイッチを入れたり、機能確認をしたり、場合によっては簡単な修理をしたりすることも、不可能ではなくなります」（川崎一義・有人宇宙環境利用ミッション本部　宇宙環境利用センター　計画サブマネージャ）

ピギーバック方式であれば、いったんロケットのフェアリングの中に収められてしまえばまず触ることはできない。そのため電池容量や起動方法などにさまざまな工夫が必要となっていた。それと比較すれば「直前に人間が触れる」ことは圧倒的なアドバンテージとなる。

こうした制約の緩和が、将来的には、例えば剛構造をもたない衛星や、スマートフォンそのままの衛星など、小型衛星の形状やミッションに新たな展開を拓くことになるかもしれない。

2011年6月、まずは初回の実証ミッションとして採択されたのは3機関。「こうのとり」によるISSへの輸送、そして12年8月頃の軌道投入に向け、衛星製作は大詰めを迎えている。

そもそもが大学教育の一環としてスタートしたキューブサットだけに、NASAだけでなくアジア各国の宇宙機関や大学など世界的にも注目の集まる試みを軌道に乗せようと、関係者の作業は続いている。

射出後にISSと接触・衝突することのないよう、進行方向から斜め後方に向けて打ち出すため、小型衛星はISSより低い軌道をとることになる。薄いとはいえ存在する大気の抵抗により100日程度で再突入・消滅する。無用なスペースデブリを増やすことにもならない

WE WISH

サイズ：1U
主なミッション：超小型熱赤外カメラによる地球撮像

画像提供：明星電気

衛星名はミッションを表現する英単語の頭文字の組み合わせではありますが、打ち出してもらう「きぼう」にも掛けて Wish（願い）と付けました。

月周回衛星「かぐや」の HDTV カメラなど、衛星搭載機器をずっと作ってきた会社なので、社内の真空チャンバーや振動試験機などの試験設備があり、衛星のサイズが小さいのでそれらが全部利用できています。ただ、丸ごと１つの衛星を作るのはもちろん初めての経験です。若手社員が中心に、ベテランも時々口をはさみながら、楽しく製作に取り組んでいます。

衛星画像の利用方法については、地元の中高生や先生方に呼びかけ、製作の過程を見てもらいながら、今から一緒に考えてもらっています。また、アマチュア無線の電波を使用するので、地元（群馬県伊勢崎市）のハムフェアに出展し、データ受信を呼びかけています。

こんな小さい衛星でも、これだけのミッション機器が載せられる。機器に優しい打ち上げ方式だからこそだと思いますね。

明星電気株式会社
装置開発部
田中勲氏

種子島生まれのアーティストが

「宇宙で抹茶」に挑む理由

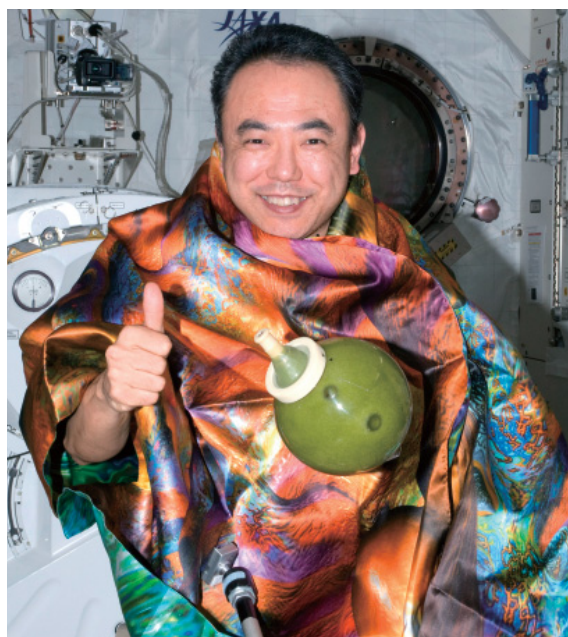
森羅と万象が凝縮された狭い空間で、刀を置いて主客が向き合い、静寂の時を共有し、過去や未来と対話する――。日本ならではの茶の湯の文化は、そう表現することもできるだろう。

「宇宙船の中は、さまざまな文化的背景を背負った世界中の人々が集う場となる。無重力だからこそ面白いものは何か。日本を象徴するような文化的な試みは何だろうかと考え『抹茶』を思いつきました」

「きぼう」の芸術利用テーマ「宇宙で抹茶を点てる」の代表提案者である、東京大学の河口洋一郎教授が語る内容はシンプルでストレートである。さらにCGアートの作品などで世界的にも知られる河口教授は、無重量環境に持ち込まれた液体のダイナミズムに並々ならぬ興味を抱いていた。

2011年9月21日の夕方から深夜にかけ実施された、「きぼう」日本実験棟船内実験室での「お茶会」を地上から見守ったことで、その好奇心はいっそう刺激されたようである。

「古川さんが容器に注いだ水のふるまいには、ほんとうに驚かされました。特に興味を惹かれたのが泡ですね。ねっとりと壁面にまとわりつく水の内部には、大きな泡も小さな泡も同時に存在し、そのままずっと残っている。

私たちが知っている水中の泡は、すぐに消えるし、大きさも揃っているわけですが、全然違っていた。1個1個に存在感があり、金属的なすごく硬い泡だという印象を持ちましたね。しかもその泡がさらにレンズ効果を見せる。かき回しても弾けず、攪拌をやめるとピタリと止まる……。ともかく予測をはるかに超えていました」

河口教授デザインのストールをまとった古川宇宙飛行士。容器から突き出しているのは茶筅(ちゃせん)

"この世ならぬ世界"までも描けるCGだが、コンピューターの中だけで人間の想像力の地平を広げるのは難しい。作品に深みや広がりを与えるのが伝統や地域性や土着性だったりするのは、他の芸術表現と何ら変わらない。そして河口教授は、種子島の出身である。

亜熱帯の種子島で楽園の花や蝶に親しみ、海にはサンゴ礁や海流に乗ってやってきた色鮮やかな熱帯魚。それらをかき分けウツボを銛(もり)で突いて遊び、山でヤマモモをとって食べ、将来は生物学者になってアマゾンを訪ねるのが子ども時代の夢だったという。そう聞けば、お茶会のときに古川宇宙飛行士が身にまとったストールの、奇抜かつ繊細で鮮やかな色彩にも合点がいく。

「小学生のころ、校内放送で校庭に出ると、上昇していくロケットが見えました。島の北端にいましたから、今思えば、内之浦から打ち上げられたものだったのでしょう。その後、島の南端の南種子町でも打ち上げが始まり、バスに乗って見に行ったことも覚えています。

鉄砲はやってくるしロケットは飛ぶし、砂浜には椰子の実が流れ着いて、異世界を身近に感じられる場所でした。しかも雨の多い隣の屋久島と違って、いつも夜空に星が瞬いていました。そのような土地で育ったので、大人になったら宇宙に行くものだと、当然のように思っていました」

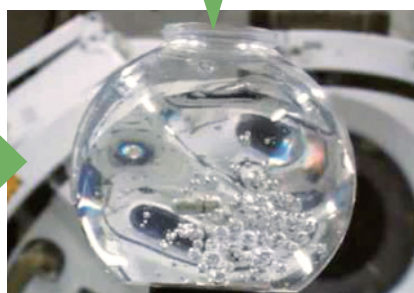
河口教授にとって、宇宙を自身の想像のフィールドとするのは、ごく自然な帰結だったわけだ。「宇宙への入り口」の種子島が結んだ1つの縁の、次の展開に期待したい。

（文・喜多充成）

河口洋一郎
KAWAGUCHI Yoichiro

東京大学大学院情報学環教授／アーティスト
CGアートやメディアアートの国際大会、ヴェネチア・ビエンナーレなどで受賞多数。音楽家・冨田勲氏の新曲「イトカワとはやぶさ」を収録したCD『惑星 ULTIMATE EDITION』ジャケットのCGも担当。
「今回の実験では、ダイナミックな液体のふるまいに感銘を受けました。なんとかこれを宇宙芸術に還元したいという思いでいます」

抹茶入りカプセル投入

美しい泡と屈折

抹茶を点てる

無重量環境での液体と泡のダイナミックなふるまいは「予想をはるかに超えていました」(河口教授)

子どもたちの疑問に真正面から向き合う「宇宙学校」

JAXA 宇宙科学研究所では教育普及関連の主催行事として「宇宙学校」を実施しています。「学校」という名が付くものの、給食が出たり、宿題が出たり、テストがあったり、ましてや立たされたり（！）ということはなく、主として小・中学生を対象に、宇宙科学の専門家を講師として派遣し、子どもたちが日頃宇宙に対して抱いている疑問に答えようというものです。ややもすると一方通行になりがちな通常の講演会とは違い、「宇宙学校」では参加者と講師・校長との双方向のやりとりが主になります。専門家が子どもたちと直接に触れ合い、その疑問に答えることで、子どもたちがもともと持っている宇宙への興味を伸ばすとともに、日本で行っている宇宙科学研究の一端に触れていただき、身近に感じていただくことを目指しています。

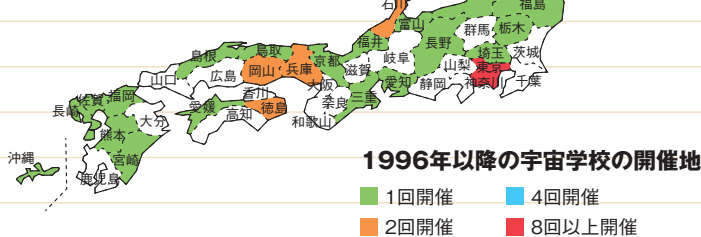
したがってプログラムも講演会とはかなり異なっています。最近の例でいうと、講師１人あたりの説明のための持ち時間はわずか 15 分。そこでそれぞれの講師が得意な分野の宇宙の話をして子どもたちの質問のきっかけを作り、残り 45 分は会場からの質問とそれに対する回答や解説の時間に充てます。このような形式の授業をいくつかのテーマに分けて何コマか行います。

子どもたちから質問がそんなにたくさん出るのだろうかと開催場所の皆さんは不安に思われるようですが、ふたを開けてみるとどの会場でも質問が途切れることはまずありません。「真っ直ぐに手を挙げた子を優先的に当てますよ」と促すと、きれいに真っ直ぐ手が挙がるようになります。

講師にとっては、他の講師の担当の時間でも、質問の内容次第では容赦なくマイクが回ってきますし、休み時間や終了後も質問攻めが待っていますので、全く気が抜けない１日となります。質問の内容も、「宇宙の果ては？」とか「宇宙の始まりの前は？」とか「ブラックホールの中は？」とか「宇宙人はいるの？」など、子どもたちは直球勝負で来ますので、専門家がたじたじとなることも少なくありません。

このように「宇宙学校」は、主に子どもたちを対象とした教育普及イベントでありながら、私たち研究者にとっても、周辺分野の研究動向についても広くカバーし、専門分野をやさしく噛み砕いて説明するための研鑽の場であり、社会との感覚のずれのようなものを修正する役割をも果たしています。

進化する「宇宙学校」

この「宇宙学校」は宇宙科学研究所により 1993 年から毎年行われてきたもので、従来東京（以前宇宙科学研究所が置かれていた東京大学駒場キャンパス）で１回、それ以外の場所で２回と、年３回開催していました。夏の JAXA 相模原キャンパス特別公開でも「ミニミニ宇宙学校」を実施するなどしています。しかし、年２回の地方開催では全国を回るには不十分です。実際、地方にお住まいの方々からは、地域のバランスを取りながらできるだけ多くの場所で開催してほしいというリクエストをよく受けていました。そこで 2009 年度から、基本的なスタイルはそのままに、共催団体を公募することで、潜在的な協力先を発掘しつつ年間の開催場所を増やすことにしました。その結果、09 年度は５カ所、10 年度は７カ所、そして 11 年度は９カ所で開催することができました。限られた予算と人員でできるだけ多くの会場を回るために、１回あたりに派遣する講師や事務局の数を少し削っており、個々の講師にかかる負担は増えていますが、それでもなんとか回っています。

大人気の質問タイム

1996年以降の宇宙学校の開催地

今年度はすでに９月 11 日の鳥取県倉吉市を皮切りに、愛媛県新居浜市、東京都目黒区（駒場）、熊本県熊本市、新潟県新潟市、埼玉県東松山市を回っており、年明けに東京都世田谷区（１月 15 日）、岡山県浅口市（１月 28 日）、兵庫県姫路市（１月 29 日）と回って終了となります。

回を重ねるにつれ「宇宙学校」はニーズに応じてどんどん進化しており、内容も年間を通じた画一的な内容や講師陣ではなく、規模も従来型の１日コースだけでなく半日コースなど自由度を持たせ、先方の希望を取り入れてオーダーメードで作り上げるようにしています。したがって、プログラムの中には、宇宙科学に関する映画の上映や、通常の講演、ワークショップなどを含めることもあります。プログラム全体で半日から１日程度の規模で、派遣する講師の数としては１カ所あたり２〜５名程度です。

来年度の共催団体を公募中

来年度の「宇宙学校」の共催団体は現在公募中です。共催団体には開催にあたって必要となる施設・設備・要員の確保と、開催の周知、参加者の募集などの実施、およびそれにあたって必要となる負担をお願いすることになりますが、講師や関係するスタッフの旅費・人件費などは JAXA で負担しますので、受け入れサイドにとってはかなりオイシイ企画になっています。

来年度分の公募の締め切りは 12 年２月 29 日で、その時点までに届いた応募の中から、受け入れ態勢、会場の規模、開催地のバランス、地域連携拠点の形成の可能性などを総合的に考慮して、３月に開催される広報委員会で採否を決めます。

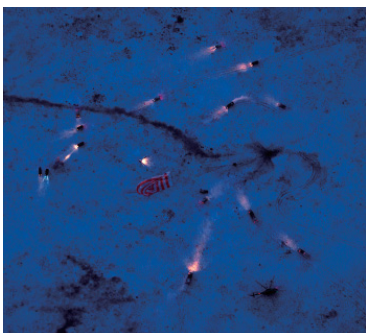
共催団体は科学館や博物館のこともありますが、これにとらわれる必要はありません。実際、青年会議所やおやじの会などと共催で実施したこともあり、大変な成功を収めています。是非わが町にも宇宙学校を、という方はこの機会にぜひご応募ください。

阪本成一
SAKAMOTO Seiichi
宇宙科学研究所教授／宇宙科学広報・普及主幹。専門は電波天文学、星間物理学。宇宙科学を中心とした広報普及活動をはじめ、ロケット射場周辺漁民との対話や国際協力など「たいがいのこと」に挑戦中

INFORMATION 1

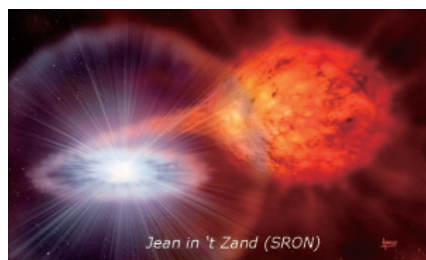
古川聡宇宙飛行士 5カ月半のミッションを終え地球帰還

2011年11月22日11時26分（日本時間）に、古川宇宙飛行士が搭乗するソユーズ宇宙船（27S／TMA-02M）がカザフスタン共和国に着陸し、日本人宇宙飛行士最長となる165日間のミッションが終了しました。古川宇宙飛行士は6月10日から国際宇宙ステーション（ISS）での長期滞在を開始し、「宇宙医学実験支援システム」の技術実証実験やタンパク質結晶生成実験など、25課題（70実験）を実施。「宇宙医学にチャレンジ！」では、宇宙環境での身体の変化を自身が実験台となって確かめました。皆さまの応援本当にありがとうございました。『JAXA's』では今後古川宇宙飛行士へインタビューを行い、宇宙実験や宇宙での生活など、地球帰還後の生の声をお届けする予定です。どうぞお楽しみに。

上／帰還直後のクルーたち。右から古川、ヴォルコフ、フォッサム宇宙飛行士。右／クスタナイ空港で帰還のセレモニーに参加する古川宇宙飛行士。左／上空から撮影された帰還カプセル。車輌やヘリコプターが周りを囲む 出典:JAXA/NASA/Bill Ingalls

INFORMATION 2

全天X線監視装置「MAXI」スーパーX線バーストをとらえる

ISSの「きぼう」日本実験棟に設置されている全天X線監視装置「MAXI」が、2011年10月23日、銀河系中心方向にある「ターザン5」という球状星団からのスーパーX線バースト（※）をとらえることに成功しました。50年近いX線天文学の歴史においても、わずか20個足らずの観測例しかない珍しい現象です。さらに、このスーパーX線バースト終了後、再びX線強度が増加し、約5日間輝きつづけました。爆発がさらなる爆発を呼ぶこの現象は、今回「MAXI」が初めて見つけたもので、中性子星で起こる爆発天体に新たな歴史を刻むことになりました。

※スーパーバーストは、水素やヘリウムの核融合によって中性子表面に長年蓄積された炭素の爆発的核融合によって生じると考えられている。これが白色矮星の表面で起こるのが光で現れる新星。中性子星では重力が大きいため爆発物は表面に閉じ込められ、約2000万度の高温になりX線で輝く

年老いた中性子星（左）と太陽より軽い星の連星系（右）が、ヘリウムの核融合によるX線バーストを起こすことはよく知られていた。そこでは炭素は燃えず表面に蓄積される。この溜まった炭素が核融合を起こして大きな爆発を起こす。今回発見されたものは、これまでのX線バーストに較べて継続時間やエネルギー規模がほぼ1,000倍もある「スーパーバースト」だ ©Jean in't Zand(SRON)

INFORMATION 3

第18回アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF-18）開催

2011年12月6日〜9日、シンガポールにおいて「第18回アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF-18）」を開催しました。28カ国・地域、11国際機関から約280名の宇宙関係者が参加し、『明日の環境のための地域協力』をテーマに議論しました。池上徹彦宇宙開発委員会委員長は基調講演で、東日本大震災時に各国から衛星画像提供があったことへの謝辞や、センチネルアジア（衛星を活用した災害把握・災害管理の取り組み）およびSAFE（宇宙技術による環境監視プロジェクト）が有用であること、日本の宇宙開発基本計画においてアジアとの協力が最重要課題の1つであることを述べました。各国の最新の宇宙関連活動報告では、日本代表として登壇した立川理事長が、気候変動に関する取り組み、「きぼう」のアジアでの利用促進、ならびに「みちびき」のアジアでの貢献を報告し、新たに「きぼう」利用のプロジェクトの立ち上げを提案し、賛同を得ました。

INFORMATION 4

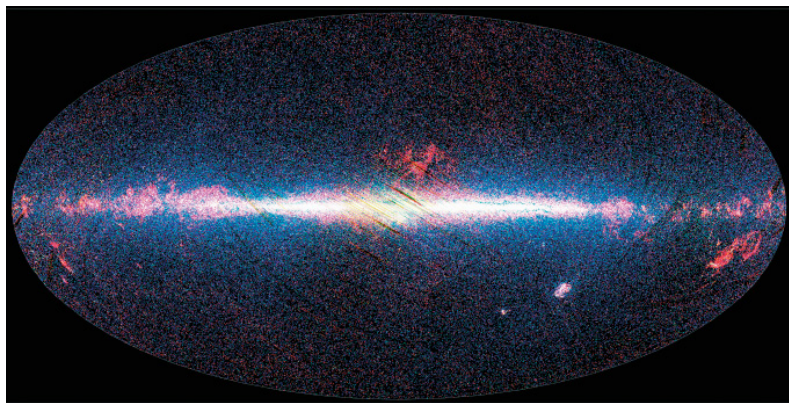
金星探査機「あかつき」近日点における軌道制御実施

金星探査機「あかつき」の今後の金星再会合に向け、近日点における姿勢制御用スラスタ（RCS）による軌道制御を、11月1日（第1回）、10日（第2回）、21日（第3回）に行いました。「あかつき」の状態は正常です。今後は取得したテレメトリデータの解析を進めるとともに、金星再会合に向けた運用を引き続き進めていきます。

「あかつき」の最新状況はこちら
「あかつき」チームツイッター：
http://twitter.com/Akatsuki_JAXA
「あかつき」プロジェクトサイト：
http://www.stp.isas.jaxa.jp/venus/

INFORMATION 5

日本初の赤外線天文衛星として活躍「あかり」運用終了

赤外線天文衛星「あかり」は、2011年5月24日に発生した電力異常により科学観測を終了したことを受け、11月24日に停波作業を行い運用を終了しました。06年2月22日に打ち上げられた「あかり」は目標寿命3年を超えて運用され、「銀河がいつどのようにして生まれ、現在の姿に進化してきたか」「星の誕生とそのまわりで惑星がどのように形成されたのか」というプロセスの解明に貢献してきました。10年3月には、星や銀河など約130万天体の天球上の位置と波長ごとの明るさを記録した「赤外線天体カタログ」を世界の研究者に向けて公開。天文学の進展に大きく寄与する貴重なデータベースとして広く使われています。

全天の96%以上をカバーする「赤外線天体カタログ」。近・中間赤外線カメラによって検出された約87万天体のカタログと、遠赤外線サーベイヤーが観測した約43万天体のカタログから構成されている

「あかり」の観測成果はこちら
http://www.ir.isas.jaxa.jp/ASTRO-F/Outreach/index.html

INFORMATION 6

名古屋市科学館で国産大型ロケットH-ⅡB、「きぼう」日本実験棟の試作機を展示

2011年3月にリニューアルオープンした名古屋市科学館で、11月6日からH-ⅡBロケットならびに「きぼう」日本実験棟与圧部の屋外展示が始まりました。H-ⅡBロケットは全長約57m、直径5.2mの国産最大のロケットで、これまでに国際宇宙ステーションへの物資輸送を行う「こうのとり」を2回、成功裏に打ち上げています。展示品の大部分は実際に強度試験で使用されたものです。タンク部分が切断してあるので内部構造を見ることができ、本物の持つ迫力を実感することができます。H-ⅡBロケットの横には、構造認定試験のために製作された「きぼう」日本実験棟の与圧部が展示されています。このモデルは実際に宇宙に打ち上げる機体と同一仕様（部品、材料、加工）で製作され、実際の宇宙環境より厳しい環境を負荷し、試験することで宇宙機の設計が要求を満たしていることを確認したものです。世界最高水準の打ち上げ能力を誇るH-ⅡBロケットと、耐久性・安全性・操作性を極限まで追求した「きぼう」日本実験棟の勇姿を、ぜひこの機会にご覧ください。

屋外に展示されたH-ⅡBロケット（上）と「きぼう」日本実験棟（下）

名古屋市科学館のサイトはこちら
http://www.ncsm.city.nagoya.jp/

JAXA's
宇宙航空研究開発機構機関誌 No.042

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー

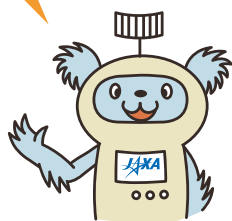
2012年1月1日発行

年末年始はJAXAクラブで「種子島宇宙センター漂流記」にチャレンジ！

2011年始めにJAXAクラブで公開した「種子島宇宙センター漂流記～前編～」。皆さんはもうチャレンジしましたか？　ゲームのストーリーは……『JAXAクラブの特派員として種子島にやってきたあなた、けれど案内役のジャクマがいない！　仕方なくジャクマを探しに行くことに……』というもの。選択肢を選んでいく手軽なゲームで、種子島宇宙センターを目指しながら島を巡る「バーチャル種子島観光」になっていました。

そして今回、待望の「後編」を大公開！　種子島宇宙センター内に舞台を移し、次々と現れるキャラクターから出題されるクイズに挑戦です。果たしてあなたはジャクマと出会うことができるのか？　クリアできたら宇宙開発に詳しくなっているかもしれませんよ。ぜひ、ご家族全員でチャレンジしてみてください！

JAXAクラブはこちらから
http://www.jaxaclub.jp/

JAXAクラブは、宇宙や航空が大好きな方や、将来は宇宙航空にかかわる仕事がしたい方など、お子さまから大人までが楽しめるウェブサイト（無料）です。JAXAクラブのメインキャラクター「ジャクマ」がナビゲーターとなって、宇宙や航空について楽しみながら知識を深められるコンテンツをたくさんご用意しています。

メインキャラクター：ジャクマ

「JAXA's」配送サービスを開始しました。ご自宅や職場など、ご指定の場所へJAXA'sを配送します。本サービスご利用には、配送に要する実費をご負担いただくことになります。詳しくは下記ウェブサイトをご覧ください。
http://www.jaxas.jp/
●お問い合わせ先
財団法人日本宇宙フォーラム 広報・調査事業部
「JAXA's」配送サービス窓口
TEL:03-6206-4902

リサイクル適性Ⓐ

空へ挑み、宇宙を拓く
宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

広報部　〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング3階
TEL:03-6266-6400　FAX:03-6266-6910

JAXAウェブサイト　http://www.jaxa.jp/
メールサービス　http://www.jaxa.jp/pr/mail/
JAXA's配送サービス　http://www.jaxas.jp/